

证 明

本证明之附件是向本局提交的下列专利申请副本

申 日： 2004.03.15

申 请 号： 200410017099.2

申 请 类 别： 发明

发明创造名称： 用于低非线性度模一数转换器的器件与方法

申 请 人： 中芯国际集成电路制造（上海）有限公司

发明人或设计人： 罗文哲

CERTIFIED COPY OF
PRIORITY DOCUMENT

中华人民共和国
国家知识产权局局长

王 荣 川

2005 年 5 月 24 日

权 利 要 求 书

04NI0814

1. 一种用于将模拟信号转换为数字信号的装置，所述装置包括：

复数个电容器，至少包括一个与第一电容相关联的第一电容器、一个
5 与第二电容相关联的第二电容器和一个与第三电容相关联的第三电容器，
所述第一电容与所述第二电容基本相等，所述第二电容与所述第三电容基
本相等；

复数个电阻器，至少包括一个与第一电阻相关联的第一电阻器和一个
10 与第二电阻相关联的第二电阻器，所述第一电阻与所述第二电阻基本相
等；

一个运算放大器，至少包括一个第一输入终端、一个第二输入终端和
一个输出终端；

其中所述第一电容器包括一个第一电容器终端和一个第二电容器终
端，所述第二电容器包括一个第三电容器终端和一个第四电容器终端，所
15 述第三电容器包括一个第五电容器终端和一个第六电容器终端，并且所述
第一电容器终端、所述第三电容器终端和所述第五电容器终端耦合到所述
第一输入终端；

其中所述第二输入终端耦合到一个第一电压；

其中所述第二电容器终端、所述第四电容器终端和所述第六电容器终
20 端的每个都能够耦合到所述第一电压、一个模拟电压、一个第二电压和一
个第三电压中的任何一个，所述模拟电压与所述模拟信号相关联；

其中所述第一电阻器包括一个第一电阻器终端和一个第二电阻器终
端，所述第二电阻器包括一个第三电阻器终端和一个第四电阻器终端，所
述第一电阻器终端耦合到所述第二电压，所述第四电阻器终端耦合到所述
25 第一电压，所述第一电阻器和所述第二电阻器串联；

其中所述第三电压能够耦合到至少所述第一电阻器终端、所述第二电
阻器终端和所述第三电阻器终端中的任何一个；

其中所述装置被配置成能将所述模拟信号转换到所述数字信号，并且
与涉及逐次逼近寄存器的步骤相关联；

其中所述步骤包括：处理与所述模拟电压和一个第四电压相关联的信息；响应于与所述模拟电压和所述第四电压相关联的信息而调整所述第四电压，并且至少基于与所述第四电压相关联的信息来确定所述数字信号；

其中所述第四电压至少与所述第二电容器终端的一个第一电压电平、
5 所述第四电容器终端的一个第二电压电平和所述第六电容器终端的一个第三电压电平相关联，所述第一电压电平、所述第二电压电平和所述第三电压电平的每个都是从由所述第一电压、所述第二电压和所述第三电压构成的组中选择的。

2. 如权利要求 1 所述的装置，其中所述第一电压是地电平。

10 3. 一种用于将模拟信号转换为数字信号的装置，所述装置包括：

复数个电容器，至少包括一个与第一电容相关联的第一电容器和一个与第二电容相关联的第二电容器，所述第一电容与所述第二电容基本相等；

15 复数个电阻器，至少包括一个与第一电阻相关联的第一电阻器和一个与第二电阻相关联的第二电阻器，所述第一电阻与所述第二电阻基本相等；

一个运算放大器，至少包括一个第一输入终端、一个第二输入终端和一个输出终端；

20 其中所述第一电容器包括一个第一电容器终端和一个第二电容器终端，所述第二电容器包括一个第三电容器终端和一个第四电容器终端，并且所述第一电容器终端和所述第三电容器终端耦合到所述第一输入终端；

其中所述第二输入终端耦合到一个第一电压；

25 其中所述第二电容器终端和所述第四电容器终端的每个都能够耦合到所述第一电压、一个模拟电压、一个第二电压和一个第三电压中的任何一个，所述模拟电压与所述模拟信号相关联；

其中所述第一电阻器包括一个第一电阻器终端和一个第二电阻器终端，所述第二电阻器包括一个第三电阻器终端和一个第四电阻器终端，所述第一电阻器终端耦合到所述第二电压，所述第四电阻器终端耦合到所述第一电压，所述第一电阻器和所述第二电阻器串联；

其中所述第三电压能够耦合到至少所述第一电阻器终端、所述第二电阻器终端和所述第三电阻器终端中的任何一个；

其中所述装置被配置成能将所述模拟信号转换到所述数字信号，并且与涉及逐次逼近寄存器的步骤相关联；

- 5 其中所述步骤包括：将所述第二电容器终端和所述第四电容器终端耦合到所述模拟电压，处理与所述模拟电压和一个第四电压相关联的信息，响应于与所述模拟电压和所述第四电压相关联的信息而调整所述第四电压，并且至少基于与所述第四电压相关联的信息来确定所述数字信号；

- 10 其中所述第四电压至少与所述第二电容器终端的一个第一电压电平和所述第四电容器终端的一个第二电压电平相关联；所述第一电压电平和所述第二电压电平的每个都是从由所述第一电压、所述第二电压和所述第三电压构成的组中选择的。

4. 如权利要求 3 所述的装置，其中所述第一电压是地电平。

- 15 5. 如权利要求 3 所述的装置，其中所述复数个电容器与复数个电容相关联，所述复数个电容的每个基本相同。

6. 如权利要求 5 所述的装置，其中所述复数个电容器与复数个电容器终端相关联，所述复数个电容器终端的每个都能耦合到所述第一电压、所述模拟电压、所述第二电压和所述第三电压中的任何一个。

- 20 7. 如权利要求 6 所述的装置，其中所述复数个电容器终端不包括所述第一电容器终端和所述第三电容器终端。

8. 如权利要求 7 所述的装置，其中所述复数个电容器终端的每个都耦合到所述第三电压。

9. 如权利要求 7 所述的装置，其中所述复数个电阻器与复数个电阻相关联，所述复数个电阻的每个基本相同。

- 25 10. 如权利要求 9 所述的装置，其中所述复数个电阻器是串联的。

11. 如权利要求 10 所述的装置，其中所述复数个电阻器与复数个电压相关联，所述复数个电压包括所述第二电压和所述第一电压，所述复数个电压与所述复数个电阻器中的任意两个电阻器之间的连接相关联。

12. 如权利要求 11 所述的装置，其中所述第三电压能够耦合到所述

复数个电压的任何一个。

13. 一种用于将模拟信号转换为数字信号的方法，所述方法包括：

提供一种用于将模拟信号转换为数字信号的装置；所述装置包括：

与复数个电容相关联的复数个电容器，所述复数个电容的每个都
5 基本相等；

复数个串联的电阻器，并且与复数个电阻相关联，所述复数个电阻的每个电阻都基本相等；

其中所述复数个电容器与一个第一电容器终端组和一个第二电容器终端组相关联，所述第一电容器终端组相互耦合在一起，所述第二电容器终端组的每个终端能够耦合到一个第一电压、一个模拟电压、一个第二
10 电压和一个第三电压的任何一个，所述模拟电压与所述模拟信号相关联；

其中所述复数个电阻器与复数个电阻器终端相关联，所述复数个电阻器终端的一个第一终端耦合到所述第二电压，所述复数个电阻器终端的一个第二终端耦合到所述第一电压；

15 其中所述第三电压至少能够耦合到除了所述第二终端之外的所述复数个电阻器终端的任何一个；

将所述第二电容器终端组的每个终端耦合到所述模拟电压；

将所述第二电容器终端组的每个终端从所述模拟电压去耦合；

将所述第二电容器终端组的每个终端耦合到从由所述第一电压、所述
20 第二电压和所述第三电压构成的组中所选择的一个电压，所述第二电容器终端组分别与复数个电容器电压电平相关联；

处理与所述模拟电压和一个第四电压相关联的信息，所述第四电压与所述复数个电容器电压电平相关联；

25 响应于与所述模拟电压和所述第四电压相关联的信息而调整所述第四电压；

至少基于与所述第四电压相关联的信息来确定所述数字信号。

14. 如权利要求 13 所述的方法，其中所述第一电压是地电平。

15. 如权利要求 13 所述的方法，其中所述处理与所述模拟电压和一个第四电压相关联的信息涉及一个逐次逼近寄存器。

16. 如权利要求 15 所述的方法，其中所述调整所述第四电压包括：

响应于与所述模拟电压和所述第四电压相关联的信息，将所述第二电容器终端组中的每个终端调整到从由所述第一电压、所述第二电压和所述第三电压构成的组中所选择的一个电压；

5 响应于与所述模拟电压和所述第四电压相关联的信息，将所述第三电压耦合到除所述第二终端之外的所述复数个电阻器终端中的一个。

17. 如权利要求 16 所述的方法，其中所述复数个电容器包括 2^m 个电容器，其中 m 为大于 0 的整数。

18. 如权利要求 17 所述的方法，其中所述耦合所述第二电容器终端组的每个包括：将 2^{m-1} 个电容器耦合到所述第二电压，而将其它 2^{m-1} 个电容器耦合到所述第一电压。

19. 如权利要求 18 所述的方法，其中所述处理与所述模拟电压和一个第四电压相关的信息以及调整所述第四电压包括：

15 如果所述第四电压大于所述模拟电压，则将 2^{m-2} 个电容器耦合到所述第二电压，而将其它 $2^m - 2^{m-2}$ 个电容器耦合到所述第一电压， m 大于 1。

20. 如权利要求 19 所述的方法，其中所述处理与所述模拟电压和一个第四电压相关联的信息以及调整所述第四电压包括：

如果所述第四电压小于所述模拟电压，则将 2^{m-2} 个电容器耦合到所述第一电压，而将其它 $2^m - 2^{m-2}$ 个电容器耦合到所述第二电压。

用于低非线性度模一数转换器的器件与方法

5 技术领域

本发明一般地涉及集成电路，更具体而言，本发明涉及用于低非线性度模一数转换器的器件和方法。

背景技术

10 本发明一般地涉及集成电路，更具体而言，本发明涉及用于低非线性度模一数转换器的器件和方法。仅作为示例，本发明已应用于逐次逼近寄存器（successive approximation register，SAR）模一数转换器（ADC），但是应当认识到，本发明具有更宽泛的应用范围。

逐次逼近寄存器（SAR）模一数转换器广泛应用于模一数转换。模一数转换使用二元查找法（binary search）将模拟信号数字化为数字信号。模拟信号产生模拟电压，该模拟电压与由 SAR ADC 产生的有效参考电压相比较。SAR ADC 使用电阻器串或/和电容器阵列来产生有效参考电压。基于在模拟电压和有效参考电压之间所作的比较，有效参考电压被调整，并且再次与模拟电压作比较。通过反复比较，二元查找法缩小了数位的范围，直到到达位长度。

20 图 1 是 SAR ADC 的简化示图。SAR ADC 100 使用电容器阵列和电阻器串两者来产生有效参考电压。电容器阵列用于 3 个最高有效位（MSB），而电阻器串用于 3 个最低有效位（LSB）。电阻器串可以只连接到电容器 116，并且电容器 116 之上的电压可以是参考电压（ V_{ref} ）130 的 1/8 的倍数。输入模拟电压（ V_{in} ）140 在运算放大器（op-amp）120 无效（close）的条件下在电容器 110、112、114 和 116 的底部被采样。然后运算放大器 120 有效（open），并且电压 132、134 和 136 之一被施加到电容器 110、112、114 和 116 的每个之上。电压 136 处在地电平。连接到 V_s 的有效电容由 SAR 控制的过程来确定，并且包括电容器 116 的有效电容。当开关

($150+2m$) 闭合时, 电容器 116 的有效电容等于电容器 116 的电容与 $m/8$ 的乘积。有效参考电压等于 V_{ref} 与有效电容对总电容的比率的乘积。总电容是电容器 110、112、114 和 116 的电容之和。

如图 1 所示, 电容器 114 和 116 被设计成具有相同的电容。电容器 110 应当具有四倍于电容器 114 或 116 的电容, 并且电容器 112 应当具有二倍于电容器 114 或 116 的电容。

此外, 电阻器 170、172、174、176、180、182 和 184 应当具有相同的电阻。在实际制造的 SAR ADC 中, 这些设计规范可能不会完全实现。例如, 对于电容器 114 和 116 来说, 实际制造好的 SAR ADC 可能具有略有不同的电容。这些个体电阻器或电容器的不匹配可能对 SAR ADC 的线性度和模-数转换的质量产生不良影响。

从上文可以看出, 需要一种改进的模-数转换技术。

发明内容

本发明一般地涉及集成电路, 更具体而言, 本发明涉及用于低非线性度模-数转换器的器件和方法。仅仅作为示例, 本发明已应用于逐次逼近寄存器 (SAR) 模-数转换器 (ADC), 但是应当认识到, 本发明具有更广泛的应用范围。

在一个具体实施例中, 本发明提供了一种装置用于将模拟信号转换为数字信号。该装置包括复数个电容器。所述复数个电容器至少包括一个与第一电容相关联的第一电容器、一个与第二电容相关联的第二电容器和一个与第三电容相关联的第三电容器。第一电容与第二电容基本相等, 并且第二电容与第三电容基本相等。此外, 该装置包括复数个电阻器。所述复数个电阻器至少包括一个与第一电阻相关联的第一电阻器和一个与第二电阻相关联的第二电阻器。第一电阻与第二电阻基本相等。而且, 该装置包括一个运算放大器。该运算放大器至少包括一个第一输入终端、一个第二输入终端和一个输出终端。第一电容器包括一个第一电容器终端和一个第二电容器终端, 第二电容器包括一个第三电容器终端和一个第四电容器终端, 并且第三电容器包括一个第五电容器终端和一个第六电容器终端。第

一电容器终端、第三电容器终端和第五电容器终端耦合到第一输入终端。第二输入终端耦合到一个第一电压。第二电容器终端、第四电容器终端和第六电容器终端的每个都能够耦合到第一电压、模拟电压、第二电压和第三电压中的任何一个。模拟电压与模拟信号相关联。第一电阻器包括一个

5 第一电阻器终端和一个第二电阻器终端，并且第二电阻器包括一个第三电阻器终端和一个第四电阻器终端。第一电阻器终端耦合到第二电压，第四电阻器终端耦合到第一电压，并且第一电阻器和第二电阻器串联。第三电压能够耦合到至少第一电阻器终端、第二电阻器终端和第三电阻器终端中的任何一个。该装置被配置成能进行模拟信号到数字信号的转换，并且与

10 涉及逐次逼近寄存器的步骤相关联。该步骤包括：处理与模拟电压和一个第四电压相关联的信息；响应于与模拟电压和第四电压相关联的信息而调整第四电压，并且至少基于与第四电压相关联的信息来确定数字信号。第四电压至少与第二电容器终端的一个第一电压电平、第四电容器终端的一个第二电压电平和第六电容器终端的一个第三电压电平相关联。第一电压

15 电平、第二电压电平和第三电压电平的每个都是从由第一电压、第二电压和第三电压构成的组中选择的。

根据本发明的另一实施例，一种将模拟信号转换为数字信号的装置包括复数个电容器。所述复数个电容器至少包括一个与第一电容相关联的第一电容器和一个与第二电容相关联的第二电容器。第一电容与第二电容基本相等。此外，该装置包括复数个电阻器。所述复数个电阻器至少包括一个与第一电阻相关联的第一电阻器和一个与第二电阻相关联的第二电阻器。第一电阻与第二电阻基本相等。而且，该装置包括一个运算放大器。该运算放大器至少包括一个第一输入终端、一个第二输入终端和一个输出终端。第一电容器包括一个第一电容器终端和一个第二电容器终端，第二

20 电容器包括一个第三电容器终端和一个第四电容器终端，并且第一电容器终端和第三电容器终端耦合到第一输入终端。第二输入终端耦合到一个第一电压。第二电容器终端和第四电容器终端的每个都能够耦合到第一电压、模拟电压、第二电压和第三电压中的任何一个。模拟电压与模拟信号相关联。第一电阻器包括一个第一电阻器终端和一个第二电阻器终端。第

25

二电阻器包括一个第三电阻器终端和一个第四电阻器终端。第一电阻器终端耦合到第二电压，第四电阻器终端耦合到第一电压，并且第一电阻器和第二电阻器串联。第三电压能够耦合到至少第一电阻器终端、第二电阻器终端和第三电阻器终端中的任何一个。该装置被配置成能进行模拟信号到数字信号的转换，并且与涉及逐次逼近寄存器的步骤相关联。该步骤包括：将第二电容器终端和第四电容器终端耦合到模拟电压，处理与模拟电压和第四电压相关联的信息，响应于与模拟电压和第四电压相关联的信息而调整第四电压，并且至少基于与第四电压相关联的信息来确定数字信号。第四电压至少与第二电容器终端的一个第一电压电平和第四电容器终端的一个第二电压电平相关联。第一电压电平和第二电压电平的每个都是从由第一电压、第二电压和第三电压构成的组中选择的。

仍然根据本发明的另一实施例，一种用于将模拟信号转换为数字信号的方法包括：提供一种装置用于将模拟信号转换为数字信号。该装置包括与复数个电容相关联的复数个电容器。所述复数个电容的每个都基本相等。此外，该装置包括复数个串联的电阻器，并且与复数个电阻相关联。所述复数个电阻的每个电阻都基本相等。所述复数个电容器与第一电容器终端组和第二电容器终端组相关联。所述第一电容器终端组相互耦合在一起，所述第二电容器终端组的每个终端能够耦合到第一电压、模拟电压、第二电压和第三电压的任何一个。模拟电压与模拟信号相关联。所述复数个电阻器与复数个电阻器终端相关联。所述复数个电阻器终端的第一终端耦合到第二电压，所述复数个电阻器终端的第二终端耦合到第一电压。第三电压至少能够耦合到除了所述第二终端之外的所述复数个电阻器终端的任何一个。此外，本方法包括：将所述第二电容器终端组的每个终端耦合到模拟电压，将所述第二电容器终端组的每个终端从模拟电压去耦合，并且将所述第二电容器终端组的每个终端耦合到从由第一电压、第二电压和第三电压构成的组中所选择的一个电压。所述第二电容器终端组分别与复数个电容器电压电平相关联。而且，本方法包括处理与模拟电压和第四电压相关联的信息。第四电压与所述复数个电容器电压电平相关联。此外，本方法包括响应于与所述模拟电压和所述第四电压相关联的信息而调整第

四电压，并且至少基于与第四电压相关联的信息来确定数字信号。

通过本发明，实现了许多优于传统技术的优点。本发明的某些实施例显著地改进了模一数转换器的输出数字代码的单一性 (monotonicity) 和微分非线性度。本发明的一些实施例通过改变一个最低有效位 (LSB) 来限制有效电容器的增减。根据实施例，可以获得这些优点中的一个或多个。在本说明书的下文中将更加详细地描述这些以及其它优点。

参考下文详细的描述和附图，可以更全面地理解本发明的各种附加目标、特征和好处。

10 附图说明

图 1 是 SAR ADC 的简化示图；

图 2 是根据本发明实施例的模一数转换器的简化示图；

图 3 是根据本发明实施例的用于模一数转换器的方法的简化示图。

15 具体实施方式

本发明一般地涉及集成电路，更具体而言，本发明涉及用于低非线性度模一数转换器的器件和方法。仅仅作为示例，本发明已应用于逐次逼近寄存器 (SAR) 模一数转换器 (ADC)，但是应当认识到，本发明具有更广泛的应用范围。

20 如图 1 所示，电容器 110、112、114 和 116 分别具有电容 C_1 、 C_2 、 C_3 和 C_4 。 C_1 应当等于 $4C_4$ ， C_2 应当等于 $2C_4$ ，而 C_3 应当等于 C_4 。因此 C_2 应当等于 $C_3 + C_4$ 。例如，对于数字化电压 101111，有效电容 C_x 应当等于 $C_1 + C_3 + 7C_4/8$ 。与之类似，对于数字化电压 110000，有效电容 C_x 应当等于 $C_1 + C_2$ 。在实际制造的 SAR ADC 中， C_2 可能不等于 $C_3 + C_4$ 。这个不匹配可能引起 SAR
25 ADC 的微分非线性。

图 2 是根据本发明实施例的模一数转换器的简化示图。该示图只是一个示例，其不应不适当地作为对这里的权利要求的范围的限制。器件 200 包括下述元件：

1. 电容器 210、212、214、216、218、220、222 和 224；



2. 运算放大器 226;

3. 电阻器 240、242、244、246、248、250、252 和 254。

上述电子器件提供了根据本发明的实施例的模一数转换器的多个元件。在不脱离这里的权利要求范围的条件下添加某些器件、去除一个或多个器件或者以不同的连接方式来设置一个或多个器件时，还可以提供其它的选择。例如，器件 200 包括 2^m 个电容器。 m 为大于 0 的整数。作为另一个示例，器件 200 包括 2^n 个电阻器。 n 为大于 0 的整数。本发明的其它细节可以在本说明书的下文中找到。

电容器 210、212、214、216、218、220、222 和 224 分别具有电容值 C_1 、 C_2 、 C_3 、 C_4 、 C_5 、 C_6 、 C_7 和 C_8 。电容值 C_1 、 C_2 、 C_3 、 C_4 、 C_5 、 C_6 、 C_7 和 C_8 的每个应当等于相同的电容 C 。举例来说，电容 C 在 10 fF 到 1 pF 的范围内。这些电容器可以连接到三个电压 232、234 和 236 之一。电压 232 设置为 V_{s0} ，电压 234 设置为 V_{s1} ，而电压 236 设置为地电平 V_{ground} 。举例来说， V_{s0} 在 0.1 V 到 4 V 的范围内。这些电容器与这三个电压的连接是独立进行。例如，电容器 212 可以连接到三个电压 232、234 和 236 的任何一个，而不用考虑电容器 210、214、216、218、220、222 和 224 连接到哪个电压。此外，电容器 210、212、214、216、218、220、222 和 224 可以连接到输入模拟电压 V_{in} 280。例如， V_{in} 在 0 V 到 5 V 的范围内。

电阻器 240、242、244、246、248、250、252 和 254 的每个应当具有相同的电阻 R 。举例来说， R 在 1k Ω 到 10k Ω 的范围内。这些电阻器相互串联以形成电阻器串。该电阻器串置于地电平和 V_{s0} 之间，并且可以提供电压 V_{s1} 234。在开关 (260+2m) 闭合的情况下， V_{s1} 等于 $(m/8) V_{s0}$ 。例如，如果开关 264 闭合， V_{s1} 等于 $(2/8) V_{s0}$ 。

运算放大器 226 可以对输入模拟电压 V_{in} 280 和有效参考电压 V_{eff} 进行比较。 V_{eff} 等于 V_{s0} 与有效电容 C_{eff} 的乘积。 C_{eff} 由电容器 210、212、214、216、218、220、222 和 224 的电容和与这些电容中的每个电容相连接的电压电平确定。

图 3 是根据本发明实施例的用于模一数转换器的方法的简化示图。该示图只是一个示例，其不应不适当地作为对这里的权利要求的范围的限制。

制。方法 300 包括下述步骤：

1. 步骤 310，用于采样模拟电压；
2. 步骤 320，用于与 $V_{s0}/2$ 相比较；
3. 步骤 330，用于与 $V_{s0}/4$ 相比较；
- 5 4. 步骤 340，用于与 $3V_{s0}/4$ 相比较；
5. 步骤 350，用于与 $3V_{s0}/8$ 相比较；
6. 步骤 360，用于与 $V_{s0}/8$ 相比较；
7. 步骤 370，用于与 $7V_{s0}/8$ 相比较；
8. 步骤 380，用于与 $5V_{s0}/8$ 相比较。

10 上述步骤提供了根据本发明的实施例的方法。举例来说，在 V_{eff} 和 V_{in} 之间的每次比较确定一个位。在模一数转换过程中，已确定的位由寄存器保存。当确定了所有的 MSB 与 LSB 时，模一数转换完成。在不脱离这里的权利要求范围的条件添加步骤、去除一个或多个步骤或者以不同的顺序来设置一个或多个步骤时，还可以提供其它的选择。本发明的其它细节可以
15 可以在本说明书的下文中找到。

在步骤 310 中，在运算放大器 226 无效 (close) 的条件下，输入模拟电压 V_{in} 280 在电容器 210、212、214、216、218、220、222 和 224 的底部进行采样。电容器 210、212、214、216、218、220、222 和 224 的底部电极连接到 V_{in} 280。

20 在步骤 320 中， V_{in} 280 与 $V_{s0}/2$ 相比较。电容器 210、212、214 和 216 连接到 V_{s0} 232，而电容器 218、220、222 和 224 连接到 V_{ground} 236。如果电容值 C_1 、 C_2 、 C_3 、 C_4 、 C_5 、 C_6 、 C_7 和 C_8 的每个等于相同的电容 C ，则 V_{eff} 等于 $V_{s0}/2$ ，并且 C_{eff} 等于 C_1 、 C_2 、 C_3 与 C_4 的和。如果 V_{eff} 大于 V_{in} ，则三个 MSB 被确定为 “0xx”，并且执行步骤 330。“x” 表示未定的数字。如果
25 V_{eff} 小于 V_{in} ，则三个 MSB 被确定为 “1xx”，并且执行步骤 340。

在步骤 330 中， V_{in} 280 与 $V_{s0}/4$ 相比较。电容器 210 和 212 连接到 V_{s0} 232，而电容器 214、216、218、220、222 和 224 连接到 V_{ground} 236。如果电容值 C_1 、 C_2 、 C_3 、 C_4 、 C_5 、 C_6 、 C_7 和 C_8 的每个都等于相同的电容 C ，则 V_{eff} 等于 $V_{s0}/4$ ，并且 C_{eff} 等于 C_1 与 C_2 的和。如果 V_{eff} 大于 V_{in} ，则三个 MSB 被确

定为“00x”，并且执行步骤 360。如果 V_{eff} 小于 V_{in} ，则三个 MSB 被确定为“01x”，并且执行步骤 350。

在步骤 340 中， V_{in} 280 与 $3V_{s0}/4$ 相比较。电容器 210、212、214、216、218 和 220 连接到 V_{s0} 232，而电容器 222 和 224 连接到 V_{ground} 236。

- 5 如果电容值 C_1 、 C_2 、 C_3 、 C_4 、 C_5 、 C_6 、 C_7 和 C_8 的每个都等于相同的电容 C ，则 V_{eff} 等于 $3V_{s0}/4$ ，并且 C_{eff} 等于 C_1 、 C_2 、 C_3 、 C_4 、 C_5 与 C_6 的和。如果 V_{eff} 大于 V_{in} ，则三个 MSB 被确定为“10x”，并且执行步骤 380。如果 V_{eff} 小于 V_{in} ，则三个 MSB 被确定为“11x”，并且执行步骤 370。

- 10 在步骤 350 中， V_{in} 280 与 $3V_{s0}/8$ 相比较。电容器 210、212 和 214 连接到 V_{s0} 232，而电容器 216、218、220、222 和 224 连接到 V_{ground} 236。如果电容值 C_1 、 C_2 、 C_3 、 C_4 、 C_5 、 C_6 、 C_7 和 C_8 的每个都等于相同的电容 C ，则 V_{eff} 等于 $3V_{s0}/8$ ，并且 C_{eff} 等于 C_1 、 C_2 与 C_3 的和。如果 V_{eff} 大于 V_{in} ，则三个 MSB 被确定为“010”。此外，电容器 214 连接到 V_{s1} 234，并且执行电阻器电压步骤。 C_{eff} 等于 C_1 、 C_2 与电容器 214 的有效电容的和。当开关
- 15 (260+2m) 闭合时，电容器 214 的有效电容等于电容器 214 的电容 C_3 与 $m/8$ 的乘积。如果 V_{eff} 小于 V_{in} ，则三个 MSB 被确定为“011”。此外，电容器 216 连接到 V_{s1} 234，并且执行电阻器电压步骤。 C_{eff} 等于 C_1 、 C_2 、 C_3 与电容器 216 的有效电容的和。当开关 (260+2m) 闭合时，电容器 216 的有效电容等于电容器 216 的电容 C_4 与 $m/8$ 的乘积。三个 LSB 也被确定。

- 20 在步骤 360 中， V_{in} 280 与 $V_{s0}/8$ 相比较。电容器 210 连接到 V_{s0} 232，而电容器 212、214、216、218、220、222 和 224 连接到 V_{ground} 236。如果电容值 C_1 、 C_2 、 C_3 、 C_4 、 C_5 、 C_6 、 C_7 和 C_8 的每个都等于相同的电容 C ，则 V_{eff} 等于 $V_{s0}/8$ ，并且 C_{eff} 等于 C_1 。如果 V_{eff} 大于 V_{in} ，则三个 MSB 被确定为“000”。此外，电容器 210 连接到 V_{s1} 234，并且执行电阻器电压步骤。
- 25 C_{eff} 等于电容器 210 的有效电容。当开关 (260+2m) 闭合时，电容器 210 的有效电容等于电容器 210 的电容 C_1 与 $m/8$ 的乘积。三个 LSB 也被确定。如果 V_{eff} 小于 V_{in} ，则三个 MSB 被确定为“001”。此外，电容器 212 连接到 V_{s1} 234，并且执行电阻器电压步骤。 C_{eff} 等于 C_1 与电容器 212 的有效电容的和。当开关 (260+2m) 闭合时，电容器 212 的有效电容等于电容器 212

的电容 C_2 与 $m/8$ 的乘积。三个 LSB 也被确定。

在步骤 370 中, V_{in} 280 与 $7V_{s0}/8$ 相比较。电容器 210、212、214、216、218、220 和 222 连接到 V_{s0} 232, 而电容器 224 连接到 V_{ground} 236。如果电容值 C_1 、 C_2 、 C_3 、 C_4 、 C_5 、 C_6 、 C_7 和 C_8 的每个都等于相同的电容 C , 则 V_{eff} 等于 $7V_{s0}/8$, 并且 C_{eff} 等于 C_1 、 C_2 、 C_3 、 C_4 、 C_5 、 C_6 与 C_7 的和。如果 V_{eff} 大于 V_{in} , 则三个 MSB 被确定为“110”。此外, 电容器 222 连接到 V_{s1} 234, 并且执行电阻器电压步骤。 C_{eff} 等于 C_1 、 C_2 、 C_3 、 C_4 、 C_5 、 C_6 与电容器 222 的有效电容的和。当开关 (260+2m) 闭合时, 电容器 222 的有效电容等于电容器 222 的电容 C_7 与 $m/8$ 的乘积。三个 LSB 也被确定。如果 V_{eff} 小于 V_{in} , 则三个 MSB 被确定为“111”。此外, 电容器 224 连接到 V_{s1} 234, 并且执行电阻器电压步骤。 C_{eff} 等于 C_1 、 C_2 、 C_3 、 C_4 、 C_5 、 C_6 、 C_7 与电容器 224 的有效电容的和。当开关 (260+2m) 闭合时, 电容器 224 的有效电容等于电容器 224 的电容 C_8 与 $m/8$ 的乘积。三个 LSB 也被确定。

在步骤 380 中, V_{in} 280 与 $5V_{s0}/8$ 相比较。电容器 210、212、214、216 和 218 连接到 V_{s0} 232, 而电容器 220、222 和 224 连接到 V_{ground} 236。如果电容值 C_1 、 C_2 、 C_3 、 C_4 、 C_5 、 C_6 、 C_7 和 C_8 的每个都等于相同的电容 C , 则 V_{eff} 等于 $5V_{s0}/8$, 并且 C_{eff} 等于 C_1 、 C_2 、 C_3 、 C_4 与 C_5 的和。如果 V_{eff} 大于 V_{in} , 则三个 MSB 被确定为“100”。此外, 电容器 218 连接到 V_{s1} 234, 并且执行电阻器电压步骤。 C_{eff} 等于 C_1 、 C_2 、 C_3 、 C_4 与电容器 218 的有效电容的和。当开关 (260+2m) 闭合时, 电容器 218 的有效电容等于电容器 218 的电容 C_5 与 $m/8$ 的乘积。三个 LSB 也被确定。如果 V_{eff} 小于 V_{in} , 则三个 MSB 被确定为“101”。此外, 电容器 220 连接到 V_{s1} 234, 并且执行电阻器电压步骤。 C_{eff} 等于 C_1 、 C_2 、 C_3 、 C_4 、 C_5 与电容器 220 的有效电容的和。当开关 (260+2m) 闭合时, 电容器 220 的有效电容等于电容器 220 的电容 C_6 与 $m/8$ 的乘积。三个 LSB 也被确定。

本发明具有多个优点。本发明的某些实施例明显改进了模一数转换器的输出数字代码的单一性和微分非线性度。本发明的一些实施例通过改变一个最低有效位 (LSB) 来限制有效电容器的增减。举例来说, 如果输出代码是 101111, 则对应的 C_{eff} 等于 C_1 、 C_2 、 C_3 、 C_4 、 C_5 与 $(7/8)C_6$ 之和。电

- 容器 210、212、214、216 和 218 连接到 V_{ao} 232，而电容器 220 连接到 V_{ai} 234。增加一个 LSB 将输出代码改变为 110000。对应的 C_{eff} 等于 C_1 、 C_2 、 C_3 、 C_4 、 C_5 与 C_6 之和。电容器 210、212、214、216、218 和 220 连接到 V_{ao} 232。在不切换 (swap) 电容器的条件下顺序增加最后的 LSB。本发明的一些
- 5 些实施例提供了一种模—数转换，该模—数转换对于涉及中等速率和低功耗的应用来说具有改进的精度。

还应当理解，这里所描述的示例和实施例只是为了说明的目的，本领域的普通技术人员可以根据上述实施例对本发明进行各种修改和变化。这些修改和变化都在本申请的精神和范围内，并且也在所附权利要求的范围内。

10



图 1

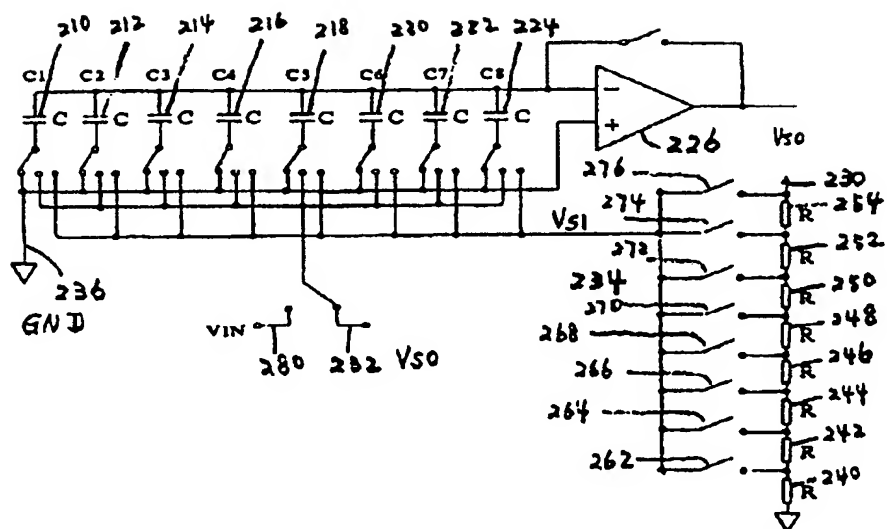


图2

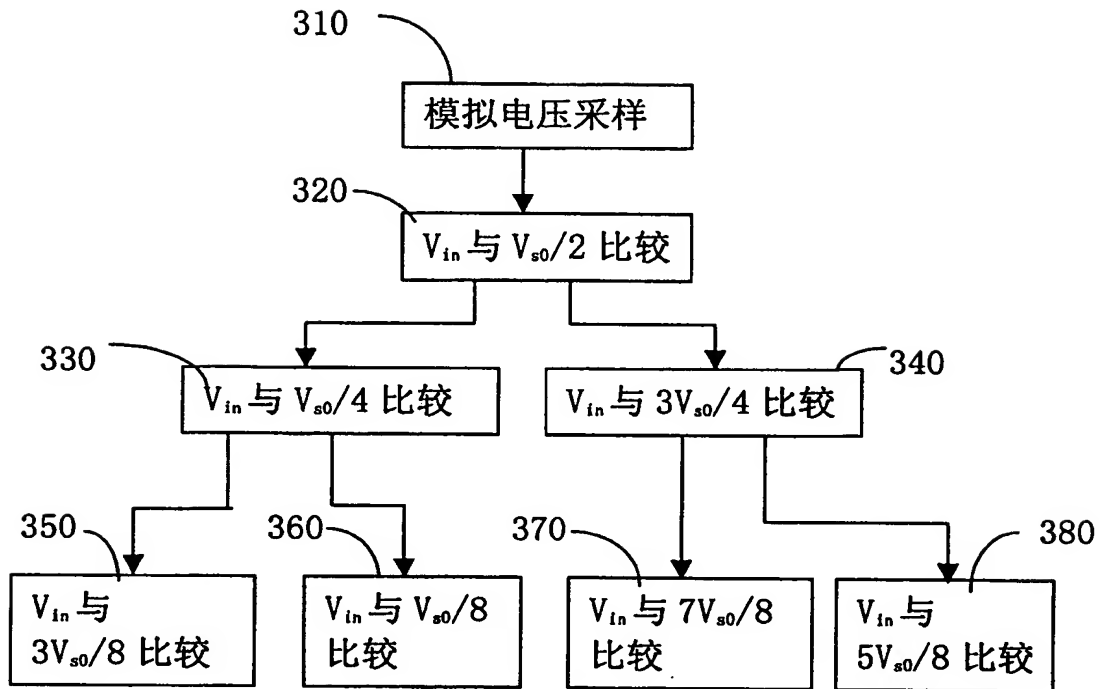


图 3